Lane Medical Library

Aus der hämatologischen Abteilung des Krebsinstituts der Universität zu Berlin.
Leitung: Prof. Dr. med. Hans Hirschfeld

Das Verhalten der Blutplättchen bei Muskelarbeit

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Vorgelegt von

Heinz-Ulrich Behrens

Berlin

Tag der Promotion: 25. Juli 1930

1929

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT M. B. H.
LEIPZIG

395

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Friedrich

Referent: Prof. Dr. Hirschfeld

Korreferent: Prof. Dr. His

Druck von Julius Klinkhardt in Leipzig

Aus der hämatologischen Abteilung des Instituts für Krebsforschung der Universität Berlin. Leitung: Prof. Dr. HANS HIRSCHFELD.

Das Verhalten der Blutplättchen bei Muskelarbeit.

Von

Heinz-Ulrich Behrens.

Die klinische Diagnostik ist in den letzten Jahrzehnten durch Feststellung charakteristischer Blutveränderungen bei vielen Krankheiten außerordentlich gefördert worden. Man hat aber sehr bald erkannt, daß die morphologische Zusammensetzung des Blutes auch unter physiologischen Umständen schwankt. Es sei an die Erythrozytose der Neugeborenen und im Höhenklima, an die Schwankungen der Leukozytenzahlen bei verschiedener Körperstellung, an die Verdauungsleukozytose und Leukopenie, an die Tagesschwankungen der Leukozytenzahl, an die Leukozytose bei Muskelarbeit erinnert.

Die beste Gelegenheit für Untersuchungen des physiologischen Verhaltens des Blutbildes bot die stetig zunehmende Zahl der Sportsleute; besonders deshalb, weil durch die fast bis zur völligen Erschöpfung gesteigerte Intensität der Muskelarbeit im Organismus Zustände geschaffen werden, die hart an der Grenze des Physiologischen stehen und ihre Ausläufer fast ins Gebiet des Pathologischen hineinzustrecken scheinen. An Sportsleuten, vorwiegend Läufern, wurden dann auch zahlreiche Blutuntersuchungen vorgenommen; jedoch fast ausschließlich unter Berücksichtigung des weißen Blutbildes. Von den zahlreichen Untersuchern sind besonders zu nennen: GRAWITZ, COHNSTEIN, ZUNTZ, WALDMANN, SCHUMBURG, SCHENK, BERGMANN, CASPER, HERXHEIMER, ERNST. Sie alle fanden bei Muskelanstrengung eine Vermehrung der Gesamtzahl der weißen Zellen.

Auch die morphologische Differenzierung des weißen Blutbildes erleidet bei fast allen Untersuchern, trotz der verschiedenen Bedingungen, unter welchen die Muskelübungen vor sich gingen, annähernd die gleiche Veränderung.

So wandte SCHENK zwei verschiedene Arbeitsarten an: 15 Minuten schnelles Marschieren durch Schnee und anschließender Laufschritt führte bei Untrainierten zu einer etwa gleichmäßigen Vermehrung der Lymphozyten und Neutrophilen. Beim Skilanglauf dagegen (12—18 km), einer sehr großen und langdauernden Anstrengung, fand er die Neutrophilen bei der Vermehrung weit stärker beteiligt. Hier fand er daneben eine deutliche Abnahme der Eosinophilen.

WALDMANN hat gelegentlich der Heeresmeisterschaften 1923 mit BERG, GLASCHKE und HIPPKE ebenfalls Blutuntersuchungen vorgenommen. Sie fanden eine Vermehrung der Gesamtzahl der weißen Blut-

körperchen, deren Zahl um so mehr steigt, je länger die körperliche Anstrengung dauert. So beträgt die Durchschnittszahl der Lymphozyten beim 800-m-Lauf (Dauer 2,5 Minuten) 11450; beim 30-km-Gepäckmarsch (4 Stunden) 14910. WALDMANN sagt auch, daß schon ganz kurze körperliche Anstrengungen ein Ansteigen der Gesamtzahl der weißen Blutkörperchen auszulösen vermag. Nach seiner Meinung ist das weiße Blutbild qualitativ nach der Dauer und vielleicht auch nach der Leistung verschieden. Derselbe Untersucher fand ferner auf kurzen Reiz hin (400-m-Lauf) einen relativen Anstieg der Segmentkernigen, einen Abstieg derselben bei mittelstarkem Reiz (1500-m-Lauf), bei noch längerer Strecke einen weiteren Anstieg, der mit der Dauer der Anstrengung wachsen soll. In gleicher Weise sollen sich die Stabkernigen und Monozyten verhalten, nur daß bei diesen der Hauptanstieg durch einen stärkeren Reiz hervorgerufen werden soll als bei ersteren (3000-m-Lauf). Myelozyten, die im normalen Blut nicht vorkommen, wurden gefunden, wenn der Reiz des Knochenmarks zu stärkster Abgabe von L. veranlaßt. Die Eosinophilen sollen sich ähnlich wie die Lymphozyten verhalten. Sie sinken bei geringem Reiz (400-m-Lauf), erfahren bei mittlerem Reiz (800- bis 1500-m-Lauf) eine Zunahme auf das Dreifache, bei stärkstem Reiz hinwiederum ein Absinken auf $^1/_5$ ihrer Zahl. Der Wert dieser Untersuchungen erscheint fraglich, da nicht gesagt wird, wie viele Versuchspersonen verwandt wurden.

Sehr ausführlich hat sich EGOROFF mit dem vorliegenden Problem beschäftigt. Er teilte die von ihm verwandten Arbeitsleistungen ein in Laufen bis 4 km und über 4 km. Bei der ersten Gruppe vergrößert sich sofort nach dem Lauf die Gesamtzahl der weißen Zellen, um im Laufe von 2—3 Stunden noch bedeutend zuzunehmen, im ganzen um 30—40%. Die Eosinophilen verringern sich sofort, später noch weiter. Eine Linksverschiebung ist unmittelbar nach dem Lauf nicht wahrzunehmen, nach 2—3 Stunden ist sie jedoch deutlich. Die Lymphozyten nehmen sogleich nach dem Lauf stark zu, sinken aber nach 2—3 Stunden stark ab, oft unter die Norm. Bei der anderen Gruppe — es wurden Läufe bis zu 40 km untersucht — ändern sich die Verhältnisse teilweise. Auch hier ist eine Gesamtleukozytose nach der Arbeitsleistung zu beobachten, die sich nach 2—3 Stunden noch vergrößert. Die Basophilen und Eosinophilen verschwinden jedoch ganz und erscheinen auch 2—3 Stunden später nicht wieder. Die Linksverschiebung war sehr ausgesprochen sofort nach dem Lauf und verlor sich im Laufe der nächsten 2—3 Stunden nicht. Die Neutrophilen nehmen sehr stark zu. Ihre Zahl wächst auch nach 2—3 Stunden noch weiter, während die Lymphozyten, die sofort schon nach Beendigung der Arbeit vermindert sind, weiter abnehmen. Die Zahl der Monozyten veränderte sich nicht gesetzmäßig. Bei zwei

Personen wurde 24 Stunden nach einem Marathonlauf das Blutbild nachuntersucht. Auch dann noch waren die Eosinophilen nicht wieder vorhanden und die Gesamtzahl der Weißen noch etwas erhöht.

Bei den Untersuchungen von ERNST und HERXHEIMER wurden Mittelstreckenläufe von 800—3000 m bevorzugt und nur gelegentlich andere Strecken (200 m und 5 km) verwandt. Es zeigte sich eine deutliche Zunahme der Gesamtzahl der weißen Zellen. Den weitaus größten Anteil an dieser Vermehrung hatten die Lymphozyten, und unter diesen wiederum die großen Formen. Die geringste Zunahme wiesen die Neutrophilen und die Eosinophilen auf, während die M. sich in der Mitte hielten. Eine Linksverschiebung wurde nicht beob-. achtet. Bei den vereinzelt untersuchten Kurzstreckenläufen war eine gesetzmäßige Veränderung nicht wahrzunehmen. Beim 5000-m-Lauf war die Vermehrung der Neutrophilen erheblicher als bei den kürzeren Läufen. Untersuchungen in größerem zeitlichen Abstand vom Ende der Arbeitsleistung wurden nicht vorgenommen.

BERGMANN ließ 2—4 Stunden lang eine Versuchsperson die Beine 45mal pro Minute 30 cm hochheben. Er fand hierbei eine relative Zunahme der Lymph. und eine entsprechende Abnahme der Neutrophilen.

CASPER untersuchte die Einwirkung des 100-m-Laufes bei Frauen. Hier fand sich eine Vermehrung der Gesamtzahl der weißen Zellen, an der die Eosinophilen den weitaus größten Anteil, die Neutrophilen den geringsten hatten. Auch die stabkernigen waren hier prozentual und absolut vermehrt.

Leider fand bei diesen Untersuchungen das Verhalten der Blutplättchen keine Beachtung. Erst ISAACS und GORDON sowie E. ALS schlossen zum erstenmal die Plättchen mit in ihre Untersuchungen ein.

RAPHAEL ISAACS und BURGES GORDON untersuchten 17 Marathonläufer vor und nach einem Lauf von $26^1/_4$ Meilen in $2^1/_2$—3 Stunden. Es wurden vor und nach dem Lauf nur relative Zählungen gemacht. Die Blutausstriche wurden supravital mit Brillantkresylblau gefärbt. Die Differenzzählungen der weißen Blutkörperchen wurden vor dem Lauf an 200 Zellen und nach dem Lauf an 300 Zellen gemacht. Eine absolute Zählung zu machen, war nicht möglich. Mit Ausnahme des Siegers und zweier anderer waren bei dem Rennen alle vollständig erschöpft. Mit Rücksicht darauf wurden einige, die wegen vollständiger Erschöpfung den Lauf nicht beendet hatten, mit anderen, die die volle Strecke gelaufen waren, vergleichbar. — Bei der Betrachtung der vor dem Rennen angefertigten Präparate zeigte die Anzahl der weißen Blutzellen und der Blutplättchen bei 29% der 17 Läufer eine mäßige Vermehrung der Anzahl der Leukozyten und bei 28% der Läufer zeigte sich eine Vermehrung ihrer Blutplättchen, die jedoch morphologisch normalen Charakter zeigten.

In dem nach dem Rennen entnommenen Blut zeigten sich Veränderungen an den neutrophilen Leukozyten und den Blutplättchen. Bei beiden Arten bestand eine absolute und relative Vermehrung in jedem Falle.

Die Vermehrung der Plättchen betrug nahezu das Drei- bis Fünffache der normalen Zahl, die in den Präparaten vor dem Lauf gefunden wurde. Genaue Daten wurden leider nicht aufgestellt. Nur bei einigen fand man eine Veränderung der Form der Plättchen. Einige Plättchen waren größer als normal und zeigten mehr gesonderte Granula in hyalinem Plasma. In drei der Fälle war ein großer Teil der Plättchen dieser Art. In fünf dieser Fälle waren sie den Kernen der Megakaryozyten in der Struktur ähnlich.

E. ALS untersuchte das Verhalten der Plättchenzahlen zum erstenmal nach verschiedenen Gesichtspunkten. So stellte er Vergleichszählungen an zwischen Venen- und Kapillarenblut und fand, daß die Plättchenzahlen im Kapillaren- und Venenblut im Grunde genommen dieselben sind, wenn die Proben zur selben Zeit entnommen werden.

Die nächste Untersuchung betraf die Wirkung von Mahlzeiten auf die Plättchenzahlen. Die erst gefundene Abnahme der Plättchenzahl bei Nahrungsaufnahme hat sich jedoch als noch innerhalb der Fehlergrenze befindlich erwiesen und hat sich außerdem bei einer Wiederholung nicht bestätigt, so daß der Untersucher annimmt, daß die Mahlzeiten keine Veränderungen der Plättchenzahlen hervorrufen.

Dann tauchte die Frage auf, ob die Plättchenzahl, die bei derselben Person von Tag zu Tag untersucht wird, dieselbe ist, oder ob es größere Veränderungen gibt. Es wurde festgestellt, daß die Tagesschwankungen beträchtlich sind. Leider wurde nach einem ursächlichen Zusammenhang mit Stoffwechseltätigkeit und anderen Körperfunktionen nicht geforscht.

Eine weitere Untersuchung stellte er an, um zu eruieren, ob intensive Muskelarbeit von kurzer Dauer einen Einfluß auf die Plättchenzahlen hat. Dies schien nicht der Fall zu sein, da keiner der beobachteten Unterschiede groß genug war, um als wirklich angenommen werden zu können.

Die Annahme von ALS steht damit im Widerspruch zu den Befunden von ISAACS und GORDON; auch kann man die Resultate beider Autoren nicht miteinander in Parallele stellen, da E. ALS im Gegensatz zu ISAACS und GORDON nur kurz dauernde Muskelarbeit zur Forschung heranzog, die natürlicherweise eine geringere Veränderung der Plättchenzahl verursachen muß wie die Muskelarbeit von langer Dauer, wobei die Intensität bei beiden die gleiche ist. Außerdem läßt sich in der Arbeit von ALS nicht erkennen, ob die beobachteten „geringen Unterschiede" sich nach oben oder nach unten bewegen, d. h. ob sich eine Zunahme oder Abnahme der Plättchen einstellt.

Bei dieser Betrachtung erscheint der Widerspruch zwischen den beiden Arbeiten vielleicht nicht so kraß, wie es erst den Anschein hatte. Immerhin erscheint es notwendig, die Frage nach dem Verhalten der Plättchen bei Muskelarbeit aufs neue zu untersuchen. Es soll zunächst kurz die Untersuchungsmethode geschildert werden.

Die Kleinheit, Labilität und Agglutinabilität der Plättchen erschwert ihre Zählbarkeit. Das ersieht man schon daraus, daß in den letzten zehn Jahren mehr als ein Dutzend verschiedener Methoden ersonnen wurde. In der Klinik vermochten sich nur wenige davon durchzusetzen, in der Praxis so gut wie gar keine. In Deutschland wird wohl am meisten die von FONIO angegebene Methode angewandt, auch hier jedoch mit der von HITTMAIR erwähnten Modifikation, nach der man nicht durch den Mg SO_4 Tropfen hindurchsticht, sondern erst die kleine Stichwunde anlegt, dann mit dem zum Mischen bestimmtem Glas-Paraffinstab das Mg SO_4 aufträgt und nun erst einen entsprechend großen Tropfen Blutes durch leichtes Auseinanderziehen der Wundränder in die Konservierungsflüssigkeit eintreten läßt. Man kann so die Tropfengröße und das Mischungsverhältnis besser regeln und mehrere Tropfen nacheinander zu Ausstrichen verarbeiten. Dies bewährte sich um so mehr, da jedesmal vor und nach der Muskelarbeit je vier Ausstriche angefertigt wurden, um eine eventuelle Erhöhung der Fehlergrenze durch nicht ganz gleichmäßige Ausstriche durch erhöhte Anzahl der Präparate und der gezählten Zellen ausgleichen zu können. Die Färbung erfolgte in der Weise, daß die lufttrockenen Präparate 5′ in MAY-GRÜNWALDscher Farblösung fixiert und vorgefärbt wurden und darauf 35′ mit GIEMSA-Lösung in der stärkeren Konzentration zwei Tropfen auf 1 cmm nachgefärbt wurden. Die so gefärbten Präparate wurden mit Hilfe des SCHILLINGschen Okularfensters nach der von ihm angegebenen 4-Feld-Mäandermethode an je vier Ausstrichen untersucht. Es wurden nur relative Werte aufgestellt, da sich absolute Zählungen teils technisch schwer durchführen ließen auf den Sportplätzen, teils als unopportun herausstellten, wenn man mit der Annahme rechnete, daß durch den beim Schwitzen bedingten Wasserverlust das Blut eingedickt würde, und daß es so zu einer gleichmäßigen Vermehrung aller Zellen in Kubikmillimeter käme. Unsere Aufgabe war es jedoch, die Verschiebung der Plättchen im Verhältnis zu den anderen Zellen zu untersuchen. So erfolgten nur relative Zählungen; allerdings wurden, um nur Personen mit normalem Blut zu verwenden, alle Versuchspersonen auf normalen Hämoglobingehalt und Färbeindex untersucht, doch brauchten von den 35 Sportsleuten, die sich in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt hatten, keine ausgesondert zu werden. — Ferner unterblieb eine Aufstellung von Zahlenwerten reifer und unreifer Plättchen, da die Plättchen in bezug auf Form,

Aussehen und Größe in sämtlichen Ausstrichen ein derartig mannigfaches Bild darbieten, daß eine strenge Trennung in Reife und Unreife zu subjektiv erschien. Es wurde jedoch bei Durchsicht der Präparate auf ein häufigeres Vorkommen von sog. Riesenplättchen geachtet, wobei nur solche als Riesenplättchen betrachtet wurden, die die halbe Größe eines Erythrozyten und darüber hatten.

Mit Rücksicht auf Untersuchungen von E. Als, die sich mit der Feststellung der Höhe der Fehlergrenze befaßten, und bei denen er festgestellt hat, daß man bei der Zählung von 2000 roten Blutkörperchen mit einer Durchschnittsfehlergrenze von 3%, bei 3000 gut mit 2% und bei 8000 mit nahezu $1\frac{1}{2}$% rechnen müsse, und daß die Zählung der Plättchen ein sehr viel ungenaueres Verfahren darstellt, so daß hier die Fehlergrenze bei der Zählung von 5000 Plättchen fast 5% übersteigt, wurden hier die relativen Zahlenwerte immer im Vergleich zu 5000 Erythrozyten aufgestellt.

Ferner wurden Unterschiede zwischen Trainierten, d. h. sog. Rekordleuten, und Untrainierten gemacht, da Untersuchungen anderer Autoren einen Einfluß des Trainings auf die morphologische Zusammensetzung des Blutes einwandfrei ergeben haben.

Bei Schenk sehen wir zum erstenmal den Versuch, sportlich Trainierte und Untrainierte zu scheiden. Er findet eine etwas geringere Zunahme der Leukozyten der Trainierten.

Dieselben Befunde erhob Egoroff an einer Anzahl Personen, die zum Teil aus trainierten Berufssportleuten und zum Teil aus wenig trainierten Personen bestand. Er stellte fest, daß je nach Länge und Intensität des Laufes, Trainings und allgemeinen Gesundheitszustandes sich die weißen Zellen verschieden verhielten.

Nach Ernst und Herxheimer ist der Trainingszustand nicht ohne Einfluß. Sie fanden im trainierten Zustand eine kleinere Lymphozytenverschiebung nach sportlicher Anstrengung. Am Schluß einer Trainingsperiode findet sich ein um 8,6% größerer Lymphozytenbestand bei Körperruhe.

Nachdem sich durch diese und viele andere Ergebnisse gleicher Art ein Einfluß des Trainings erwiesen hat, fand auch hier die Trennung der Trainierten von den Untrainierten statt.

Die Zahl der Trainierten bestand aus sieben Rennruderern, die sich bereits vier Wochen im scharfen Training befanden, und drei Leichtathleten. Die Gruppe der Untrainierten bestand aus 20 Ruderern, die regelmäßig ihre Sonntagstouren ruderten und gelegentlich in der Woche an Übungsfahrten teilnahmen, sich also nicht im Zustande des Trainings befanden, und fünf jungen Leuten, die bisher keinen Sport getrieben hatten und nun völlig unvorbereitet eine Strecke in möglichst scharfem Tempo durchliefen. — Die einzelnen Zahlenwerte sind in folgender Tabelle angegeben.

Tabelle 1.

Erythrozyten	Thrombozyten	Erythrozyten	Thrombozyten	Zunahme in %	Art der Übung
Trainierte:					
5177	231	5108	389	68,5	Rudern über 6 km
5099[1])	246	5101	219	— 11	„ „ 6 „
5177	280	5126	499	78,3	„ „ 6 „
5084	227	5050	296	30,5	„ „ 6 „
5434	238	5567	382	60,5	Laufen „ 10 „
5187	217	5210	419	93,2	„ „ 10 „
5235	396	5214	467	18	„ „ 10 „
5090	323	5041	387	20	„ „ 10 „
5012[1])	303	5020	255	— 15,8	Laufen über 400 m
5094	243	5079	308	26,8	„ „ 800 „
Untrainierte:					
5171	190	5094	251	32	Rudern über 6 km
5007	157	5044	232	47	„ „ 6 „
5005	194	4920	338	74,3	„ „ 6 „
5072	128	5040	331	159	„ „ 6 „
5025	105	5006	185	76,5	„ „ 6 „
5008	184	5009	279	51,8	„ „ 6 „
5058	204	5067	248	21,7	„ „ 6 „
5601	187	5611	375	100,6	„ „ 6 „
5482	281	5547	404	43,9	„ „ 6 „
5231	144	5171	286	98,8	„ „ 6 „
5079	184	5121	314	71	„ „ 6 „
5053	120	5037	336	180	„ „ 6 „
5006	195	5014	269	37,5	„ „ 6 „
5061	184	2048	275	49,5	„ „ 6 „
5002	157	5053	213	35,6	„ „ 6 „
5032	132	5015	225	70,4	„ „ 6 „
5041	137	5066	235	71,5	„ „ 6 „
5047	119	5069	250	110	„ „ 6 „
5008	169	5007	262	54,4	„ „ 6 „
5016	170	5017	314	85	„ „ 6 „
5077	174	5076	319	82,2	Laufen über 1800 m
5205	125	5527	176	41	„ „ 1800 „
5062	123	5088	159	29,3	„ „ 400 „
5048	145	5020	259	79	„ „ 2000 „
5061	184	5048	275	49,5	„ „ 2000 „
5033	147	5034	212	44,2	„ „ 2000

[1]) Zwei Versuchspersonen zeigten eine Abnahme der Plättchen.

Aus dieser Tabelle geht bei Betrachtung der vor der Übung angefertigten Präparate hervor, daß bei sämtlichen Trainierten die relative Zahl der Plättchen im Ruheblut eine höhere ist als bei den Untrainierten. Die Werte bewegen sich sämtlich zwischen 200000 bis 300000 in 1 cmm bei dem Maßstab von 5000000 Erythrozyten.

Ebenso zeigte sich in den Ausstrichen der Rekordleute eine etwas höhere Zahl großer Plättchen, sog. Riesenplättchen.

Die Zahlen der Untrainierten zeigten alle die Durchschnittswerte von 130000—200000 in Kubikmillimetern beim Normalwert von 5000000 Erythrozyten, wie sie auch SAHLI und andere aufgestellt hatten. In denselben Ausstrichen zeigten sich fast nur normale Plättchen.

Die Präparate, die nach der Muskelarbeit angefertigt wurden, zeigten bei den Rekordleuten im Durchschnitt eine geringere Zunahme. Ein Ruderer und ein Läufer zeigten eine Abnahme der Plättchen. Wenn man jedoch nach E. ALS eine Fehlerbreite mindestens bis zu 20% annimmt, so würde sich folgendes Bild bei den Trainierten ergeben. Von den acht Ruderern und zwei Läufern, also insgesamt zehn trainierten Sportsleuten, zeigten nur sechs eine Zunahme der Blutplättchen.

Hinzuzufügen ist noch, daß diese sechs etwas schwächer als die übrigen vier sind. Sie brauchten also für dieselbe Arbeitsleistung verhältnismäßig mehr Anstrengung. Die Abnahme bei zweien sowie die geringe Zunahme bei den übrigen beiden würde unter die obenbesprochene Fehlerbreite fallen; d. h. bei ihnen tritt eine Veränderung des Blutbildes durch Muskelarbeit nicht ein.

Die Zahl der Riesenplättchen ist bei allen zehn nach der Anstrengung etwas, wenn auch nicht viel erhöht.

Ein etwas anderes Bild bietet sich bei den Untrainierten dar. Alle 26 Sportsleute zeigen, mit Ausnahme eines einzigen, der mit 21,7% Zunahme noch unter die Fehlerbreite fallen würde, eine durchschnittlich höhere Zunahme der Blutplättchen als die Rekordleute. Der eine, dessen Plättchenvermehrung nicht anerkannt wird, zeigt auch eine vermehrte Plättchenzahl im Ruheblut. Außerdem war dieser mit den beiden anderen zu einem Lauf über 1800 m gestartet, hatte also mit dem verhältnismäßig langsamen Anfangstempo begonnen; er hatte dann aber nach 400 m aus Ermüdung aufgegeben, mit anderen Worten, er hatte die 400 m nicht mit der üblichen Anstrengung gelaufen. Wie wenig er sich angestrengt hatte, erhellte auch die Tatsache, daß die Wirkung des Laufs auf seine Herztätigkeit und Atmung sehr rasch abklang und schon einige Minuten nach Beendigung desselben vorüber war. Das Fehlen einer Steigerung der Plättchenzahl kann uns deshalb nicht verwundern, zumal von

der Beendigung des Laufes bis zur Blutentnahme einige Minuten verstrichen waren.

Eine vermehrte Anzahl Riesenplättchen konnte bei allen festgestellt werden, und zwar, wie man erwartet hatte, bei denen, die die höchste prozentuale Zunahme der Plättchen haben, am meisten.

Es ist nun sehr schwer, wenn nicht sogar unmöglich, für dieses Verhalten der Blutplättchen, das, wie oben gesagt, abhängig ist von Training, Intensität der Muskelarbeit und Körperkonstitution, eine passende Erklärung zu finden. Hier würde uns die Kenntnis, woher die Blutplättchen stammen, entschieden weiterhelfen. Wie unwissend wir auf diesem Gebiete jedoch heute noch sind, zeigt am besten die große Anzahl der Theorien, die sich mit der Abstammung der Plättchen befaßt. In der Arbeit WRIGHTS über die Entstehung der Plättchen zählt er allein sechs Theorien auf, aus denen sich in den letzten Jahren zwei herausgeschält haben; die eine nimmt die Knochenmarksriesenzellen, die andere die roten Blutkörperchen als Stammzellen der Thrombozyten an. Für uns hier genügt es, mit einiger Gewißheit festzustellen, daß es Abschnürungs- bzw. Zerfallsprodukte anderer Zellen sind.

Auf diese Feststellung gestützt, können wir die Vermehrung der Thrombozyten durch Muskelarbeit auf toxische, auf mechanische oder auf beide Wirkungen zusammen zurückführen, die das gesamte Blutbild schädigend beeinflussen. Für eine toxische Wirkung spricht besonders der bei harter, langdauernder Muskelarbeit auftretende akute Sauerstoffmangel, der einen CO-Überschuß im Blut bedingt. Wie stark die Einwirkung von CO auf die Quantität der Plättchen ist, ergeben die von HITTMAIR, BIANCHINI, LAGNONI, BERGER, SESTINI, DEGKWITZ und vielen anderen zusammengestellten Forschungsergebnisse. Nach diesen weisen asphyktische Tiere in der Krampfperiode eine Zunahme der Plättchen auf das Drei- bis Vierfache ihres Ausgangswertes auf. Die Erhöhung ist besonders groß bei der Asphyxie durch Ertränken. Nach 24 Stunden ist wieder die Normalzahl erreicht. Wiederholungen der Erstickungsversuche ergaben immer wieder das gleiche Bild. CO verursacht stärkere Plättchenvermehrung als CO_2. Inhalationen von CO lassen die nach Antiplättchenserum aus dem peripheren Blut vertriebenen Thrombozyten wieder erscheinen, auf O-Inhalationen verschwinden sie neuerlich. Bei normalen Tieren verursacht O keine Veränderungen.

Eine andere Komponente in diesem Zusammenwirken toxischer Momente ist die Bildung saurer Stoffwechselprodukte, insbesondere von Milchsäure, deren plötzliches Auftreten zu einer leichten, aber deutlichen Azidose führt. Diese Azidose verursacht direkt die bekannten äußeren Ermüdungserscheinungen, deren Anwachsen schließ-

lich der Anstrengung ein Ziel setzt (Herxheimer, Barr und Heinrich).

Als Drittes wären hier noch die mechanische Erschütterung des Knochenmarks und der schnellere Blutkreislauf zu nennen. Daß mechanische Momente für die Morphologie eines Blutbildes von Einfluß sind, hat schon Liberow in seiner Arbeit „Über den Einfluß der passiven und aktiven Muskelbewegung auf den Leukozytenstand" angenommen. Er führt die im Anfang auftretende Lymphozytose auf das mechanische Moment der Kompression des Lymphapparates durch Muskelkontraktionen zurück.

Einen Beweis glaubt er in experimentell gewonnenen Ergebnissen zu erblicken. Durch Massage des Abdomens und der oberen Körperhälfte und durch Elektrisieren der Milz erhielt er innerhalb von zehn Minuten eine Vergrößerung der Anzahl der Lymphozyten im Blute. Allerdings konnte er eine Weiterentwicklung der Lymphozyten zu polynuklearen, wie sie Grawitz annimmt, nicht feststellen.

Wir gehen daher wohl nicht fehl, wenn wir auch für die Vermehrung der Thrombozyten bei Muskelarbeit das mechanische Moment als mitbeteiligten Faktor ansprechen. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß die drei Komponenten, Toxikose, mechanische Erschütterungen und schnellerer Blutkreislauf, zusammen zu einer stärkeren Zerstörung der Thrombozyten-Mutterzellen und somit zu einer starken individuell verschiedenen Thrombozytenvermehrung führen.

Zusammenfassung.

1. An 10 Rekordleuten und 26 untrainierten Sportsleuten wurden vor und nach einer Übung Untersuchungen über das Verhalten der Thrombozyten angestellt.
2. Es fand sich mit zwei Ausnahmen eine Vermehrung der Thrombozyten nach der Muskelarbeit.
3. Die Trainierten hatten höhere Plättchenzahlen im Ruheblut und geringere Zunahme nach der Anstrengung als die Untrainierten.
4. Sogenannte Riesenplättchen werden nach der Anstrengung vermehrt gefunden.
5. Das Verhalten der Plättchen wurde als abhängig von Training, Größe der Anstrengung und Körperkonstitution gefunden.
6. Die theoretische Bedeutung dieser Ergebnisse wird erörtert.

Zum Schluß gestatte ich mir, Herrn Prof. Dr. Hans Hirschfeld für die Anregung zu dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Grawitz, Fol. haem. 9, 174. — D. med. Wochenschrift 1910, 29.
2. Cohnstein u. Zuntz, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 42, 1888.
3. Zuntz u. Schumburg, Studien zur Physiologie des Marsches 1901.
4. Liberow, Fol. haem. 1914 Nr. 16 S. 266.
5. Schenk, Schweiz. med. Woch. 1920, 38.
6. Waldmann, Arch. f. Hyg. 93, 1923.
7. Egoroff, Zeitschrift für klin. Med. 100, 1924.
8. Ernst u. Herxheimer, Zeitschr. f. d. ges. phys. Therapie 1924 Bd. 42 H. 1/3.
9. H. Herxheimer, Fol. haem. XXXV, 4, 1928.
10. Bergmann, Cpt. rend. d. séances soc. de biol. 87, 1922.
11. H. Casper, Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie 1925 Bd. 30 H. B.
12. Isaacs u. Gordon, Americ. Journ. of. Physiol. 1924, 71, 1.
13. E. Als, Acta med. scand. Suppl. 1924.
14. Anton Hittmair, Fol. haem. XXV, 1927: Die Blutplättchen.
15. Naegeli, Blutkrankheiten.
16. Wright,

Lebenslauf.

Als Vierter von fünf Söhnen des verstorbenen Sanitätsrats Dr. Alexander Behrens wurde ich am 24. Mai 1904 zu Berlin geboren. Nach der Absolvierung der Vorschule des Realgymnasiums zu Berlin-Treptow, besuchte ich von Sexta bis Oberprima das Berlinische Gymnasium zum Grauen Kloster, das ich dann mit dem Reifezeugnis verließ. Am 29. April 1924 wurde ich an der Friedrich-Wilhelm-Universität zu Berlin bei der medizinischen Fakultät immatrikuliert. Nach fünf Semestern Studiums bestand ich am 19. Juli 1926 das ärztliche Vorexamen. Nach weiteren fünf Semestern folgte die ärztliche Staatsprüfung am 11. Juni 1929.